



→ 石川 さん

外国担当 石川 さん

整理番号:14150

発送番号:436760 発送日:平成17年11月22日

1 IAS提出書類を
確認して下さい。

拒絶理由通知書

特許出願の番号	特願2002-294902
起案日	平成17年11月15日
特許庁審査官	渡邊 豊英 8923 3U00
特許出願人	株式会社安川電機 様
適用条文	第29条第2項、第36条

この出願は、次の理由によって拒絶をすべきものである。これについて意見があれば、この通知書の発送の日から60日以内に意見書を提出して下さい。

理 由

1. この出願は、特許請求の範囲の記載が下記1の点で、特許法第36条第6項第2号に規定する要件を満たしていない。

記1

現在の、請求項1～3においては、N次、M次、L階微分なる記載について、N、M、Lの数値の決め方について特段の特定がなく、前記N次、M次、L階微分なる記載の技術的意義が把握しがたいから、上記請求項1～3に係る発明は明確でないと云わざるを得ない。

(本願明細書全体の記載からは、前記NないしMについては、制御対象モデルの自由度から自ずと定まることが、把握されるが、現在の請求項1～3においては、前記制御モデルとの関係についても特段の特定事項が記載されていない。また、前記Lについては、請求項4に記載された事項により初めて技術的意義が特定されるものと解される。)

2. この出願の下記の請求項に係る発明は、その出願前日本国内又は外国において頒布された下記の刊行物に記載された発明又は電気通信回線を通じて公衆に利用可能となった発明に基いて、その出願前にその発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者が容易に発明をすることができたものであるから、特許法第29条第2項の規定により特許を受けることができない。

記2 (引用文献等については引用文献等一覧参照)

- ・請求項 1～6
- ・引用文献等 1
- ・備考



p- 0317

14150 石川

BEST AVAILABLE COPY

整理番号:14150 発送番号:436760 発送日:平成17年11月22日 2/E

請求項1～3に係る各発明において、既述のとおり、N次、M次、L階微分なる記載の技術的意義が把握しがたいものである以上、前記請求項1～3に係る発明及びこれらを引用する請求項4～6に係る発明と、指令値に対してN次のフィルタ処理を行う引用例1に記載された発明（特に、【図13】の実施例及び関連する説明の記載を参照）との間に格別な差違は認められない。

この拒絶理由通知書中で指摘した請求項以外の請求項に係る発明については、現時点では、拒絶の理由を発見しない。拒絶の理由が新たに発見された場合には拒絶の理由が通知される。

引用文献等一覧

1. 特開2000-29534号公報

先行技術文献調査結果の記録

・調査した分野 IPC第7版 G05B 1/00- 7/04,
 11/00-13/04,
 17/00-17/02,
 21/00-21/02

・先行技術文献 特開平9-16265号公報

この先行技術文献調査結果の記録は、拒絶理由を構成するものではない。

この拒絶理由通知の内容に関するお問い合わせ、または面接のご希望がございましたら下記までご連絡下さい。

特許審査第二部 生産機械・特殊加工・ロボティクス 渡邊豊英
TEL. 03(3581)1101 内線 3322～3324
FAX. 03(3501)0530

The following is a concise explanation of Fig.13 that is pointed out by the JPO examiner as a relevant disclosure to the present invention..

5 <Fig. 13 of JP 2000-29534>

Control apparatus A4 in fig. 13 is different from that of A2 in Fig.4 where the filtering effect can be obtained directly from the calculating result of the high-rank interpolator 202 in A2, while in a case of employing A4 in Fig. 13, the calculated
10 value by the high-rank interpolator 202' may be compensated by the values such as a target value that is corrected by the corrector 201', the primary differential value,, or the Nth differential value.

For instance in A4, target value generator 101' generates a series of the target values such as rotation angular position, its primary differential value (=motor speed),
15, or the Nth differential value. This series of the target values are processed by corrector 201', of which values are sampled by the samplers 102 with a certain sampling frequencies so as to output to high-rank interpolator 202' .

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-029534

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

G05D 3/12

G05B 11/32

G05B 11/36

(21)Application number : 10-192697

(71)Applicant : KOBE STEEL LTD

(22)Date of filing : 08.07.1998

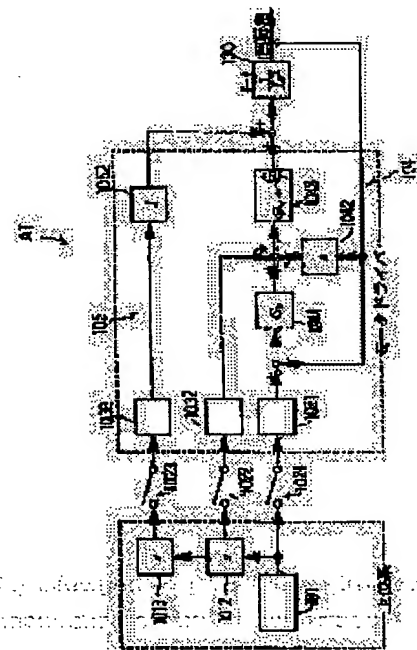
(72)Inventor : NISHIDA YOSHIHARU

(54) CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the generation of such a problem that a peculiar vibration of a load is excited or the like by making a feedforward control means perform control based on a target value with respect to a speed interpolated by a speed interpolating means.

SOLUTION: This controller A1 generates a target value to the rotating speed of a motor 100 in a specific sampling cycle by a differentiator 1012 and a sampler 1022 based on the target value to the rotating angle of the motor 100 generated by a target value generator 101. The target value for the rotating speed generated by the differentiator 1012 is temporarily interpolated by a primary interpolator 1032 being a speed interpolating means of a feedforward loop 105 being a feedforward control means. Consequently, such a problem that a peculiar vibration of a load is excited can be prevented and stable control can be performed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.06.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象物の位置に対する目標値を所定時間間隔で生成する位置目標値生成手段と、上記位置目標値生成手段により生成された位置に対する目標値を時間的に1次補間する位置補間手段と、上記対象物の速度及び加速度に関してフィードフォワード制御を行うフィードフォワード制御手段とを具備してなる制御装置において、上記位置目標値生成手段により生成される上記対象物の位置に対する目標値に基づいて上記対象物の速度に対する目標値を所定時間間隔で生成する速度目標値生成手段と、上記速度目標値生成手段により生成された速度に対する目標値を時間的に一次補間する速度補間手段とを具備し、上記フィードフォワード制御手段が、上記速度補間手段により補間された速度に対する目標値に基づいて制御を行うことを特徴とする制御装置。

【請求項2】 上記位置補間手段により補間された位置に対する目標値に基づいて上記対象物の位置及び速度に関してフィードバック制御を行うフィードバック制御手段を具備してなる請求項1に記載の制御装置。

【請求項3】 上記位置目標値生成手段により生成される上記対象物の位置に対する目標値に基づいて上記対象物の加速度に対する目標値を所定時間間隔で生成する加速度目標値生成手段と、上記加速度目標値生成手段により生成された加速度に対する目標値を時間的に一次補間する加速度補間手段とを具備し、上記フィードフォワード制御手段が、上記速度補間手段により補間された速度に対する目標値と上記加速度補間手段により補間された加速度に対する目標値に基づいて制御を行う請求項1又は2に記載の制御装置。

【請求項4】 N次系対象物（Nは2以上の整数）の位 * 30

$$a_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} P_n(t) dt$$

$$P_n(t_n) = \int_0^{t_n} P_1(t-t_{n-1}) P_{n-1}(t_{n-1}) dt_{n-1} = \int_0^{t_n} P_1(t-t_{n-1}) \int_0^{t_{n-1}} P_1(t-t_{n-2}) \cdots \int_0^{t_1} P_1(t-t_0) I(t_0) dt_0 \cdots dt_{n-2} dt_{n-1}$$

$$P_1(t) = S(\Delta T, t)$$

$$I(t) = \lim_{x \rightarrow 0} S(x, t)$$

$$S(x, t) = \begin{cases} 1/x & (0 \leq t < x) \\ 0 & (t < 0, x \leq t) \end{cases}$$

【請求項9】 上記所定時間間隔が時系列的に変動するものであって、上記所定時間間隔の変動に応じて上記重み付き移動平均処理の重みを定めてなる請求項7に記載の制御装置。

【請求項10】 上記重み付き移動平均処理の重みが、インパルス応答系列の総和が1、サンプリングN回以降の重み付き移動平均処理後の目標値とその1階微分値から（N-1）階微分値までが0となる関数に基づいて定められてなる請求項8又は9に記載の制御装置。

【請求項11】 上記平滑化手段が、重み付き移動平均処理に所定の動特性を付加したものである請求項6～1

2

* 置に対する目標値を所定時間間隔で生成する目標値生成手段と、上記目標値生成手段により生成された位置に対する目標値に基づいて、速度、…、及び位置のN次微分量に関してフィードフォワード制御を行うフィードフォワード制御手段とを具備してなる制御装置において、上記対象物の位置に対する目標値を、2次、…、又はN次補間する補間手段を具備し、上記フィードフォワード制御手段が、上記補間手段により補間された上記位置に対する目標値に基づいて制御を行うことを特徴とする制御装置。

【請求項5】 上記補間手段により補間された上記位置に対する目標値に基づいて、位置、…、及び位置の（N-1）次微分量に関してフィードバック制御を行うフィードバック制御手段を具備してなる請求項4に記載の制御装置。

【請求項6】 上記目標値生成手段により生成されたある時点の位置に対する目標値に対して、上記ある時点を含む少なくともN時点における位置に対する目標値を用いて、上記位置に対する目標値を平滑化する平滑化手段を具備してなる請求項4又は5に記載の制御装置。

【請求項7】 上記平滑化手段が、重み付き移動平均処理を行うことにより、上記位置に対する目標値を平滑化するものである請求項6に記載の制御装置。

【請求項8】 上記所定時間間隔が一定時間間隔 ΔT であって上記補間手段がN次補間を行う場合に、上記平滑化手段により行われる重み付き移動平均処理の重みに下記式に基づいて定められる係数 $a_1, \dots, a_n, \dots, a_N$ を用いてなる請求項7に記載の制御装置。

【数1】

0のいずれか1項に記載の制御装置。

【請求項12】 上記補間手段により補間された目標値を、上記目標値生成手段により生成された目標値を用いて修正してなる請求項4～11のいずれか1項に記載の制御装置。

【請求項13】 上記補間手段が、上記平滑化手段を備えてなる請求項4～12のいずれか1項に記載の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、制御装置に係り、

(3)

3

例えばロボット等の位置決めを行うにあたって、時間離散的に与えられる制御目標値に対して、フィードバック制御及びフィードフォワード制御を行う制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えばロボット等の位置決め制御を行う場合に行われる、ロボット駆動用モータの回転角度等の制御目標値の演算は、通常非常に複雑なものである。このため、リアルタイムに制御目標値を生成することは困難であり、その演算には下流にある制御装置からみて離散的とみなされてしまうような比較的長い時間が必要である。そこで、下流にある制御装置では、上記制御目標値を補間することにより、連続的な制御目標値を得る操作が行われる。このように離散的に与えられる目標値に対して補間を行って制御を行う制御装置の一例を図15に示す。図15に示す如く、上記制御装置は、例えばモータ100の回転角度に対する目標値を生成する目標値生成器101と、上記目標値生成器101により生成された回転角度に対する目標値を所定のサンプリング周期で取り出すサンプラ1021と、上記サンプラ1021により所定のサンプリング周期毎に取り出される上記回転角度に対する目標値を時間的に一次補間する一次補間器1031と、上記一次補間器1031により補間された上記回転角度に対する目標値に基づいて上記モータ100の回転角度及び回転速度に関してフィードバック制御を行うフィードバックループ（以下、FBループと称す）104と、上記モータ100の回転角度及び回転加速度に関してフィードフォワードループ104（以下、FFループと称す）105とを具備する。上記制御装置において、上記目標値生成器101により生成される上記モータ100の回転角度に対する目標値は、所定のサンプリング周期で上記サンプラ1021により取り出され、上記一次補間器1031に供給される。上記一次補間器1031により時間的に一次補間され連続的となった上記回転角度に対する目標値は、上記FBループ104、及びFFループ105に供給される。上記FBループ104では、実際に測定された上記モータ100の回転角度がフィードバックされ、上記一次補間器1031により一次補間された回転角度に対する目標値との偏差が位置ゲイン1041に inputs され、上記位置ゲイン1041から上記モータ100の回転速度に対する目標値が出力される。また、これと並列的に、実際に測定された上記モータ100の回転角度は、微分器1042により微分され回転速度に変換される。この実際の回転速度と上記位置ゲイン1041から出力された回転速度に対する目標値との偏差が、速度コントローラ1043に供給され、上記速度コントローラ1043から上記モータ100の回転加速度に対する目標値が出力される。この回転加速度に対する目標値、即ち推力指令が上記モータ100に供給され、それに応じて上記モータ100が駆動

4

される。上記FBループ103により上記モータ100の回転角度及び回転速度に関するフィードバック制御を行うことによって、上記モータ100から出力される上記回転角度等の制御量を、上記目標値にある程度追従させることができる。しかしながら、図16に示すように、この追従には大きな遅れ時間が生じる場合が多い。上記図16では、実線で示される一次補間された回転角度に対する目標値について、制御量が破線で示されている。上記FFループ105は、この遅れ時間を解消するためのものである。上記FFループ105では、上記一次補間器1031により一次補間された上記回転角度に対する目標値が、微分器1051及び比例微分器1052により上記モータ100の回転速度及び回転加速度に対する目標値にそれぞれ変換され、上記FBループ104における位置ゲイン1041及び速度コントローラ1043の出力にそれぞれ足し合わされる。ここで、図2に上記制御装置における回転角度に対する理想的（連続的）な目標値（細破線）、一次補間後の目標値（実線）、実際の制御量（破線）の一例を示す。図2に示すように、上記FBループ104に加えて、上記FFループ105をも用いて制御を行った場合には、細破線で示されるように目標値が本来連続的であれば、破線で示される実際の制御量（回転角度）との間に、ほとんど遅れ時間が生じることなく、細破線で示される本来の上記回転角度に対する目標値について上記実際の制御量の応答を改善することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような従来の制御装置では、離散的に生成される上記回転角度に対する目標値に対して、一次補間器1031により一次補間が行われてから、上記FFループ105の微分器1051及び1052により微分操作が施されている。即ち、例えば0.1s毎に離散的に与えられた上記回転角度に対する目標値が直線により補間された後、微分操作が行われることになる。このため、上記FFループ105の微分器1051から出力される上記モータ100の回転速度に対する目標値は、図17の細破線で示される理想的な目標値に対して、図17の実線で示すように、ステップ状に変化してしまう。図17の実線で示すように、ステップ状に上記回転速度に対する目標値が変化した場合、モータ100を駆動するような2次のシステムでは、補間された上記回転速度に対する目標値を用いて上記モータ100の速度を変化させることは困難である。これは、ステップ状に変化した上記回転速度に対する目標値を用いて制御を行った場合、図18及び図19にそれぞれ示すように、上記モータ100の回転角度及び回転速度にばたつきが生じてしまい、上記モータ100の負荷の固有振動を励起する等の実用上の大きな問題を引き起こすためである。本発明は、このような従来の技術における課題を解決するために、制御装置を改

(4)

5

良し、離散的に生成された例えば回転角度等の位置に対する目標値から、微分操作により回転速度等の目標値を生成して制御を行う場合でも、負荷の固有振動を励起する等の問題が生じるのを防止して、安定した制御を行う制御装置を提供することを主要な目的とするものである。そして、上記主要な目的に含まれる目的の一つは、離散的に生成された位置に対する目標値から速度等に対する目標値を微分操作により生成してから、一次補間を行うことによって、上記速度等に対する目標値がステップ状に変化するのを防止することができる制御装置を提供することである。また、他の一つは、離散的に生成された位置に対する目標値について、2次以上の高次補間を行うことによって、上記位置に対する目標値から微分操作により生成される速度等に対する目標値がステップ状に変化するのを防止することができる制御装置を提供することである。特に、高次補間を行う場合には、高次補間時に目標値自体が発振してしまう恐れがあるが、これを防止することも目的の一つである。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に係る発明は、対象物の位置に対する目標値を所定時間間隔で生成する位置目標値生成手段と、上記位置目標値生成手段により生成された位置に対する目標値を時間的に1次補間する位置補間手段と、上記対象物の速度及び加速度に関してフィードフォワード制御を行うフィードフォワード制御手段とを具備してなる制御装置において、上記位置目標値生成手段により生成される上記対象物の位置に対する目標値に基づいて上記対象物の速度に対する目標値を所定時間間隔で生成する速度目標値生成手段と、上記速度目標値生成手段により生成された速度に対する目標値を時間的に一次補間する速度補間手段とを具備し、上記フィードフォワード制御手段が、上記速度補間手段により補間された速度に対する目標値に基づいて制御を行うことを特徴とする制御装置として構成されている。また、請求項2に係る発明は、上記請求項1に記載の制御装置において、上記位置補間手段により補間された位置に対する目標値に基づいて上記対象物の位置及び速度に関してフィードバック制御を行うフィードバック制御手段を具備してなることをその要旨とする。また、請求項3に係る発明は、上記請求項1又は2に記載の制御装置において、上記位置目標値生成手段により生成される上記対象物の位置に対する目標値に基づいて上記対象物の加速度に対する目標値を所定時間間隔で生成する加速度目標値生成手段と、上記加速度目標値生成手段により生成された加速度に対する目標値を時間的に一次補間する加速度補間手段とを具備し、上記フィードフォワード制御手段が、上記速度補間手段に

6

より補間された速度に対する目標値と上記加速度補間手段により補間された加速度に対する目標値に基づいて制御を行う請求項1又は2に記載の制御装置として構成されている。上記請求項1～3のいずれか1項に記載の制御装置によれば、位置目標値生成手段から生成される対象物の位置に対する目標値の生成に所定時間間隔だけ時間がかかる場合に、上記位置に対する目標値を例えば微分器等の速度目標値生成手段により上記対象物の速度に対する目標値に変換してから、上記速度補間手段により一次補間が行われるため、上記対象物の速度に対するフィードフォワード制御において、少なくとも上記速度に対する目標値がステップ状に変化することが防止され、制御を安定させることができる。また、請求項4に係る発明は、N次系対象物（Nは2以上の整数）の位置に対する目標値を所定時間間隔で生成する目標値生成手段と、上記目標値生成手段により生成された位置に対する目標値に基づいて、速度、 \dots 、及び位置のN次微分量に関してフィードフォワード制御を行うフィードフォワード制御手段とを具備してなる制御装置において、上記対象物の位置に対する目標値を、2次、 \dots 、又はN次補間する補間手段を具備し、上記フィードフォワード制御手段が、上記補間手段により補間された上記位置に対する目標値に基づいて制御を行うことを特徴とする制御装置として構成されている。また、請求項5に係る発明は、上記請求項4に記載の制御装置において、上記補間手段により補間された上記位置に対する目標値に基づいて、位置、 \dots 、及び位置の（N-1）次微分量に関してフィードバック制御を行うフィードバック制御手段を更に具備してなる請求項4に記載の制御装置。また、請求項6に係る発明は、上記請求項4又は5に記載の制御装置において、上記目標値生成手段により生成されたある時点の位置に対する目標値に対して、上記ある時点を含む少なくともN時点における位置に対する目標値を用いて、上記位置に対する目標値を平滑化する平滑化手段を具備してなることをその要旨とする。また、請求項7に係る発明は、上記請求項6に記載の制御装置において、上記平滑化手段が、重み付き移動平均処理を行うことにより、上記位置に対する目標値を平滑化するものであることをその要旨とする。また、請求項8に係る発明は、上記請求項7に記載の制御装置において、上記所定時間間隔が一定時間間隔 ΔT であって上記補間手段がN次補間を行う場合に、上記平滑化手段により行われる重み付き移動平均処理の重みに下記式に基づいて定められる係数 $a_1, \dots, a_n, \dots, a_N$ を用いてなることをその要旨とする。

・【数2】

(5)

$$\begin{aligned}
 a_n &= \int_{t_{n-1}}^{t_n} P_n(t) dt \\
 P_n(t_n) &= \int_0^{t_n} P_1(t-t_{n-1}) P_{n-1}(t_{n-1}) dt_{n-1} = \int_0^{t_n} P_1(t-t_{n-1}) \int_0^{t_{n-1}} P_1(t-t_{n-2}) \cdots \int_0^{t_1} P_1(t-t_0) I(t_0) dt_0 \cdots dt_{n-2} dt_{n-1} \\
 P_1(t) &= S(\Delta T, t) \\
 I(t) &= \lim_{x \rightarrow 0} S(x, t) \\
 S(x, t) &= \begin{cases} 1/x & (0 \leq t < x) \\ 0 & (t < 0, x \leq 0) \end{cases}
 \end{aligned}$$

また、請求項 9 に係る発明は、上記請求項 7 に記載の制御装置において、上記所定時間間隔が時系列的に変動するものであって、上記所定時間間隔の変動に応じて上記重み付き移動平均処理の重みを定めてなることをその要旨とする。また、請求項 10 に係る発明は、上記請求項 8 又は 9 に記載の制御装置において、上記重み付き移動平均処理の重みが、インパルス応答系列の総和が 1、サンプリング N 回以降の重み付き移動平均処理後の目標値とその 1 階微分値から (N-1) 階微分値までが 0 となる関数に基づいて定められてなることをその要旨とする。また、請求項 11 に係る発明は、上記請求項 6 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の制御装置において、上記平滑化手段が、重み付き移動平均処理に所定の動特性を付加したものであることをその要旨とする。また、請求項 12 に係る発明は、上記請求項 4 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の制御装置において、上記補間手段により補間された目標値を、上記目標値生成手段により生成された目標値を用いて修正してなることをその要旨とする。また、請求項 13 に係る発明は、上記請求項 4 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の制御装置において、上記補間手段が、上記平滑化手段を備えてなることをその要旨とする。上記請求項 4 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の制御装置によれば、N 次系対象物の位置に対する目標値について N 次以上の高次補間が行われるため、制御の際の微分操作により各目標値が矩形ステップ状に変化するのを防止して、制御をより安定させることができる。特に、重み付き移動平均処理やそれに所定の動特性を付加した平滑化処理を行うことによって、高次補間時の補間後の目標値の発振を防止することができる。

【0005】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態につき説明し、本発明の理解に供する。尚、以下の実施の形態は、本発明の具体的な一例であって、本発明の技術的範囲を限定する性格のものではない。本発明の一実施の形態に係る制御装置 A 1 は、請求項 1 ~ 3 に係る発明に相当するものであって、例えばロボットを駆動するモータの位置決めを行う制御装置として具体化される。図 1 に本発明の一実施の形態に係る制御装置 A 1 の概略構成を示す。上記制御装置 A 1 は、例えばロボットを駆動するモータの位置決めを行うための制御装置であって、図 1 に示す如く、モータ 100 (対

象物の一例) の回転角度 (位置の一例) に対する目標値を所定のサンプリング周期で生成する目標値生成器 101 及びサンプラ 102 1 (位置目標値生成手段に相当) と、上記目標値生成器 101 により生成された上記回転角度に対する目標値を時間的に 1 次補間する一次補間器 103 1 (位置補間手段に相当) と、上記位置補間器 103 1 により補間された上記回転角度に対する目標値に基づいて上記モータ 100 の回転角度及び回転速度に関してフィードバック制御を行うフィードバックループ (フィードバック制御手段に相当、以下 F B ループと称す) 104 と、上記モータ 100 の回転速度及び回転加速度に関してフィードフォワード制御を行うフィードフォワードループ 105 (フィードフォワード制御手段に相当、以下 F F ループと称す) とを具備してなる点で従来のものとほぼ同様である。上記制御装置 A 1 が、従来のものと異なるのは、上記目標値生成器 101 により生成される上記モータ 100 の回転角度に対する目標値に基づいて上記モータ 100 の回転速度に対する目標値を所定のサンプリング周期で生成する微分器 101 2 及びサンプラ 102 2 (速度目標値生成手段に相当) と、上記微分器 101 2 により生成された上記回転速度に対する目標値を時間的に 1 次補間する一次補間器 103 2 (速度補間手段に相当) と、上記目標値生成器 101 により生成される上記モータ 100 の回転位置に対する目標値に基づいて上記モータ 100 の回転加速度に対する目標値を所定のサンプリング周期で生成する微分器 101 3 及びサンプラ 102 3 (加速度目標値生成手段に相当) と、上記微分器 101 3 により生成された上記回転加速度に対する目標値を時間的に 1 次補間する一次補間器 103 3 (加速度補間手段に相当) とを具備し、上記 F F ループ 105 が、上記一次補間器 103 2 により一次補間された上記回転速度に対する目標値と上記一次補間器 103 3 により一次補間された上記回転加速度に対する目標値とに基づいて制御を行う点である。次に、上記制御装置 A 1 の詳細について説明する。上記目標値生成器 101 は、例えばロボットを駆動するモータ 100 の位置決めを行うための、上記モータ 100 の回転角度に対する目標値を演算して生成するものであり、CPU 等の演算手段や演算結果を一時的に保持するバッファ等により実現される。上記のような演算は複雑な場合が多く、下流にある制御系からみて離散的とみなされるような演

(6)

9

算時間が必要である。上記目標値生成器101の出力は、FFループ104側のサンプラ1021と、FFループ105側の微分器1012とに接続されている。上記サンプラ1021により、上記目標値生成器101から出力された上記回転角度に対する目標値は、所定のサンプリング周期、例えば0.1s一定のサンプリング周期で取り出され、一次補間器1031に供給される。上記一次補間器1031により一次補間された後、上記回転角度に対する目標値は、上記FFループ104へ出力される。上記FFループ104では、実際に測定された上記モータ100の回転角度がフィードバックされ、上記一次補間器1031により一次補間された回転角度に対する目標値との偏差が位置ゲイン1041に入力され、上記位置ゲイン1041から上記モータ100の回転速度に対する目標値が出力される。また、これと並列的に、実際に測定された上記モータ100の回転角度は、微分器1042により微分され回転速度に変換される。この実際の回転速度と上記位置ゲイン1041から出力された回転速度に対する目標値との偏差が、速度コントローラ1043に供給され、上記速度コントローラ1043から上記モータ100の回転加速度に対する目標値が出力される。この回転加速度に対する目標値、即ち推力指令が上記モータ100に供給され、それに応じて上記モータ100が駆動される。また、上記微分器1012では、上記目標値生成器101から出力された回転角度に対する目標値について、微分操作が行われ、上記モータ100の回転速度に対する目標値が出力される。上記微分器1012の出力は、微分器1013により更に微分操作され、上記モータ100の回転加速度に対する目標値が生成される。そして、上記微分器1012及び1013からそれぞれ出力される上記回転速度及び回転加速度に対する目標値は、サンプラ1032及び1033によりそれぞれ所定のサンプリング周期で取り出され、一次補間器1032及び1033へ供給される。上記回転速度及び回転加速度に対する目標値は、上記一次補間器1022及び1023により一次補間された後、上記FFループ105へ出力される。上記FFループ105では、上記一次補間器1022により一次補間された上記回転速度に対する目標値が、上記位置ゲイン1041の出力に足し合わされ、上記回転速度についての制御遅れが補償される。また、上記一次補間器1023により一次補間された上記回転加速度に対する目標値が、比例要素1052'を介して、上記速度コントローラ1043の出力に足し合わされ、上記回転加速度についての制御遅れが補償される。ここで、上記一次補間器1031及び上記一次補間器1032によりそれぞれ一次補間された上記回転角度及び回転速度に対する目標値の一例を図2及び図3に示す。尚、図2及び図3において、細破線で示されるのは、上記回転角度及び回転速度に対する連続的な目標値であり、実線で示されるの

10

が、それぞれ一次補間された目標値であり、破線で示されるのが、実際の制御量である。上記制御装置A1では、上記回転速度に対する目標値は、上記回転角度に対する目標値が上記微分器1012により微分されてから上記一次補間器1032により一次補間されるため、図3に示すように、上記FFループ105に供給される目標値は矩形ステップ状に変化せず、折れ線状に変化している。尚、上記回転加速度に対する目標値についても、目標値の変化形状は異なるものの折れ線状に補間される点で上記回転速度に対する目標値と同様である。このように折れ線状に変化する上記回転速度及び回転加速度に対する目標値を上記FFループ105に供給して制御を行うことにより、一次補間を行った後に微分操作を行う場合に現れるばたつきを従来より軽減し、安定した制御を行うことができる。次に、本発明の他の実施の形態に係る制御装置A2について説明する。上記制御装置A2は、請求項4〜11に係る発明に相当するものであって、上記制御装置A1と同様、例えばロボットを駆動するモータの位置決めを行う制御装置として具体化されるものである。図4に上記制御装置A2の概略構成を示す。図4に示す如く、上記制御装置A2は、モータ100（対象物の一例）の回転角度（位置の一例）に対する目標値を所定のサンプリング周期で生成する目標値生成器101及びサンプラ1021（位置目標値生成手段に相当）と、上記目標値生成器101により生成された位置に対する目標値に基づいて、回転速度、及び回転加速度に関してフィードバック制御を行うFFループ104と、上記目標値生成器101により生成された位置に対する目標値に基づいて、回転速度、及び回転加速度に関してフィードフォワード制御を行うFFループ105とを具備してなる点で従来のものとほぼ同様である。上記制御装置A2が、従来のものととりわけ異なるのは、上記目標値生成器101により生成された上記回転角度に対する目標値に対して重み付き移動平均処理を行う修正を加える修正器201と、上記修正器201により修正された上記回転角度に対する目標値について例えば3次の高次補間を行う高次補間器202（補間手段に相当）とを具備し、上記FFループ105が、上記高次補間器202により高次補間された上記回転角度に対する目標値に基づいて制御を行う点である。次に、上記制御装置A2の詳細について説明する。尚、上記制御装置A1と同様の説明は必要がないかぎり省略する。上記制御装置A2では、サンプラ1021により所定のサンプリング周期で取り出された上記モータ100の回転角度に対する目標値には、高次補間器202により、例えば3次の高次補間が施されて、上記FFループ105へ出力される。上記FFループ105において、上記高次補間器202から出力された上記回転角度に対する目標値には、上記微分器1051により1階微分操作がなされ、さらに上記微分器1051の出力には、上記比例微分器10

(7)

11

5 2により1階微分操作がなされる。即ち、上記微分器1051から出力される上記モータ100の回転速度に対する目標値は、上記高次補間器202から出力された上記回転角度に対する目標値について、1階の微分操作が施されたものであり、上記比例微分器1052から出力される上記モータ100の回転加速度に対する目標値は、上記高次補間器202から出力された上記回転角度に対する目標値について、2階の微分操作が施されたものである。これらの微分操作が施されても、上記微分器1051や上記比例微分器1052の出力は、矩形ステップ状に変化しない。これは、上記高次補間器202により上記回転角度に対する目標値の各サンプリング点の間が、3次曲線により補間されているためである。このような比較的滑らかな目標値を用いて上記FFループ105によりフィードフォワード制御を行えば、目標値がステップ状に変化することにより生じるばたつき等を抑えることができる。ただし、高次補間を行う場合には、上記回転角度に対する目標値のサンプリング次第では、高次補間後の目標値自体が発振してしまう恐れがある。例えば図5の○印に示すようなステップ入力が入力されると、2次以上の高次補間では、 $\pi/\Delta T$ (ΔT : サンプリング周期)の周波数に対して、細破線で示すように補間後の目標値が発振してしまい、不安定となってしまう恐れがある。この傾向は、上記高次補間器202の入力が振動的に変化した場合には、さらに強くなる。そこで、上記制御装置A2では、上記高次補間器202により高次補間される前に、上記目標値生成器101により生成された上記回転角度に対する目標値が、修正器201に供給される。上記修正器201は、上記目標値生成器101から出力される上記回転角度に対する目標値 $u(k)$ (k は、1以上の整数であり、 k 回目のサンプリングであることを示す)に対して重み付き移動平均処理を行う演算手段、重み付き移動平均処理がされる、ある時点の上記回転角度に対する目標値に対して当該時点を含む3個以上の上記回転角度に対する目標値をバッフ *

12

* アリングするためのメモリ等により構成される。例えば上記修正器201から出力される、ある時点 k の上記回転角度に対する目標値を $x(k)$ とすると、上記重み付き移動平均処理の演算は、例えば次式に基づいて行われる。

$$x(k) = a_1 \times u(k+1) + a_2 \times u(k) + a_3 \times u(k-1)$$

ここで、上記 a_1 、 a_2 、 a_3 はサンプリング周期 ΔT に応じて定められる重み係数である。また、このとき、修正器201の伝達関数は、 $(a_1 z + a_2 z + a_3 z^{-1})/1$ である。このような重み付き移動平均処理を行うことにより、図5の×印で示すように、上記目標値生成器101から出力された上記回転角度に対する目標値が修正される。特に0.2s、0.3sの時点の値が平滑化されている。上記目標値生成器101により生成された上記回転角度に対する目標値を上記修正器201により修正してから上記高次補間器202に入力することによって、上記高次補間器202により3次補間を行った場合でも、図5の実線で示すように、補間後の目標値に発振が生じない。高次補間時の発振が防止された図5の上記回転角度に対する目標値について、上記微分器1051及び比例微分器1052の出力をそれぞれ、図6及び図7に示す。図6及び図7に示すように、上記微分器1051及び比例微分器1052からそれぞれ出力された上記回転速度及び回転加速度に対する目標値は、矩形ステップ状に変化せず、少なくとも上記回転速度に対する目標値は、滑らかなものとなっている。これにより、上記制御装置A2では、補間後に微分操作を行う場合に生じるばたつき等の問題を抑え、安定した制御を行うことができる。次に、上記重み係数 a_n (a_1 、 a_2 、 a_3 、 \dots)を与える。例えばサンプリング周期 ΔT が一定の場合には、上記重み係数 a_n は、一次補間演算がパルス関数 $P_1(t)$ とインパルス関数 $I(t)$ とのたたみこみ積分によって表されるとすると、次式に基づいて演算される。

【数3】

$$a_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} P_n(t) dt$$

$$P_n(t) = \int_0^{t_n} P_1(t-t_{n-1}) P_{n-1}(t_{n-1}) dt_{n-1} = \int_0^{t_n} P_1(t-t_{n-1}) \int_0^{t_{n-1}} P_1(t-t_{n-2}) \dots \int_0^{t_1} P_1(t-t_0) I(t_0) dt_0 \dots dt_{n-2} dt_{n-1}$$

$$P_1(t) = S(\Delta T, t)$$

$$I(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} S(x, t)$$

$$S(x, t) = \begin{cases} 1/x & (0 \leq t < x) \\ 0 & (t < 0, x \leq t) \end{cases}$$

ここで、 $P_n(t)$ は、上記式でも示されるように、パルス関数 $P_1(t)$ を N 回たたみこみ積分したものであり、例えば $P_2(t)$ は、 $2 \times \Delta t$ 間を2次補間する特性を、 $P_3(t)$ は、 $3 \times \Delta t$ 間を3次補間する特定を有する。上記重み係数 a_n は、これら $P_n(t)$ の面積

に相当する。ここで、図8に方形波関数 $S(x, t)$ の波形を、図9に $P_1(t)$ 乃至 $P_7(t)$ の波形を、図10に $N=4$ のときの重み係数 a_n をそれぞれ示す。図8に示すような方形波関数 $S(x, t)$ 又は、パルス関数 $P_1(t)$ の面積は1であり、これを時間的に極限零

50

(8)

13

化したインパルス関数 $I(t)$ の面積も1である。よって、図9に示すように $P_1(t)$ 乃至 $P_7(t)$ は、面積1を保持したままその波形を変化させる。これらは、既知の関数となり、重み係数 a_n を演算することができる。例えば図10に示すように、 $4 \times \Delta T$ 間を4次補間する場合の重み係数 a_1, a_2, a_3, a_4 は、それぞれ $1/24, 11/24, 11/24$ として算出される。また、本実施の形態のように3次補間を行う場合には、重み係数 a_1, a_2, a_3 は、それぞれ $1/6, 4/6, 1/6$ として算出される。ところで、位置決め10に要する時間を短縮するために、上記サンプリング周期 ΔT を変化させる方が好適な場合がある。しかしながら、このような非線形の場合には、線形なたたみこみ積分を用いる上記演算により上記重み係数 a_n が定まらなくなってしまう。そこで、上記演算をより一般化させて上記*

$$x_{N-1}(N) = \sum_{n=0}^N x_N(n) f_{N-1}(\Delta T(n), \Delta T(n+1) + \dots + \Delta T(N)) = 0$$

$$x_{N-2}(N) = \sum_{n=0}^N x_N(n) f_{N-2}(\Delta T(n), \Delta T(n+1) + \dots + \Delta T(N)) = 0$$

:

$$x_1(N) = \sum_{n=0}^N x_N(n) f_1(\Delta T(n), \Delta T(n+1) + \dots + \Delta T(N)) = 0$$

$$x(N) = x_0(N) = \sum_{n=0}^N x_N(n) f_0(\Delta T(n), \Delta T(n+1) + \dots + \Delta T(N)) = 0$$

また、上記条件(2)は次式のように表すことができる。 ※【数5】

※

$$\sum_{k=0}^{N-1} x(k) = 1$$

$$x(k) = x_0(k) = \sum_{n=0}^k x_N(n) f_0(\Delta T(n), \Delta T(n+1) + \dots + \Delta T(k)) = 0 \quad (k=0, 1, \dots, N-1)$$

尚、 $f_N(\Delta T, T)$ は、全ての微分値と目標値とを0とした状態で、 $(N-1)$ 階微分値を ΔT の区間中は1とし、それ以降 $(N-1)$ 階微分値を0とした場合の、時刻 T 後の n 階微分値であり、積分計算により容易に算出可能な既知の関数であり、例えば次式のように与えられる。

【数6】

$$f_{N-1}(\Delta T, T) = \Delta T$$

$$f_{N-2}(\Delta T, T) = \Delta T \times (\Delta T/2 + T)$$

$$f_{N-3}(\Delta T, T) = \Delta T \times (\Delta T^2/6 + \Delta T T/2 + T^2/2)$$

:

14

* 重み係数 a_n を与える。 $N \times \Delta T$ 間について N 補間を行うこと、即ちパルス関数 $P_1(t)$ を N 回たたみこみ積分することは、

(1) インパルス応答のサンプリング N 回後以降の出力値 x とその1階微分値から $(N-1)$ 階微分値までが0

(2) インパルス応答系列の総和が1

という条件に一般化することができる。この場合、図11に示すように、 $x_N(0), x_N(1), \dots, x_N(N)$ だけが値をもち、それ以外の、 $\dots, x_N(-2), x_N(-1)$ と、 $x_N(N+1), x_N(N+2), \dots$ は全て0となり、上記条件(1)は次式のように表すことができる。

【数4】

即ち、上記条件(1)及び(2)は、 $2 \times N + 1$ 個の未知変数 $x_N(0), x_N(1), \dots, x_N(N), x(0), x(1), \dots, x(N-1)$ を含む、 $2 \times N + 1$ 個の方程式により表すことができる。上記方程式から導出される未知変数のうち、 $x(0), x(1), \dots, x(N-1)$ は、実は重み係数、 a_1, a_2, \dots, a_N と等価であり、これにより重み係数 a_n を求めることができる。例えば $N=2, 3$ について重み係数 a_n は、次式のように求められる。

【数7】

(9)

15

$$N=2 \rightarrow a_1 = \frac{\Delta T(k)}{\Delta T(k) + \Delta T(k+1)}, a_2 = \frac{\Delta T(k+1)}{\Delta T(k) + \Delta T(k+1)}$$

$$N=3 \rightarrow a_1 = \frac{\Delta T(k)^2}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k) + \Delta T(k+1) + \Delta T(k+2))}, a_2 = 1 - a_1 - a_3,$$

$$a_3 = \frac{\Delta T(k+1)^2}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k+1) + \Delta T(k) + \Delta T(k+1))}$$

このように、上記制御装置A2によれば、サンプリング周期に応じて定められる重み係数を用いて重み付き移動平均処理を行った上記回転角度に対する目標値が3次補間されてフィードフォワード制御に供されるため、高次補間の際に目標値が発振してしまうことが防止され、回転角度の微分値である回転速度等の目標値も比較的滑らかなものとなり、安定した制御を行うことが可能となる。

【0006】

【実施例】上記実施の形態では、ロボットを駆動するモータ100の位置決めを行うシステムについて本発明を適用したが、これに限られるものではなく、より高次の物理モデルに基づくシステムについて本発明を適用することも可能である。また、上記実施の形態における制御装置A1では、上記回転速度及び回転加速度に対する目標値を生成してから上記一次補間器1022及び1023によりそれぞれ一次補間を行ったが、これに限らず、例えば上記回転速度に対する目標値についてのみ上記処理を行うようにしてもよいし、回転加加速度等の目標値*

*について目標値を生成してから一次補間器によりそれぞれ一次補間を行うようにしてもよい。このような制御装置も本発明における制御装置の一例である。また、上記実施の形態における制御装置A2では、上記高次補間器202により3次補間を行ったが、これに限らずN次系対象物に対してはN次以上の補間を行うようにしてもよい。このような制御装置も本発明における制御装置の一例である。また、上記実施の形態における制御装置A2では、修正器201により重み付き移動平均処理が上記回転角度に対する目標値に施されていたが、これに限られるものではなく、図12に示す制御装置A3のように、上記重み付き移動平均処理2011の他、所定の動特性2012を与えるようにしてもよい。例えば上記動特性2012として $(z+1)/2$ なる特性を与えた場合、2次補間を行う場合の修正器201の特性は、 $(a_1 z + a_2 + a_3 z^{-1})/1$ ここで、重み係数 a_1, a_2, a_3 はそれぞれ次式で与えられる。

【数8】

$$a_1 = \frac{\Delta T(k)}{2(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))}; a_2 = \frac{1}{2}, a_3 = \frac{\Delta T(k+1)}{2(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))}$$

また、上記動特性2012として $c/(1-bz^{-1})$ なる回帰型のものを与えることも可能であり、2次補間を行う場合の修正器201の特性は、 $c(a_1 + a_2 z^{-1})/(1-bz^{-1})$ ここで、重み係数 a_1, a_2 はそれぞれ次式で与えられる。

【数9】

$$a_1 = \frac{\Delta T(k)}{\Delta T(k) + \Delta T(k+1)}, a_2 = \frac{\Delta T(k+1)}{\Delta T(k) + \Delta T(k+1)}$$

このように重み付き移動平均処理に所定の動特性を付加することによって、高次補間時の発振を抑えながら任意のフィルタリング効果等を与えることができる。このような制御装置も本発明における制御装置の一例である。また、上記実施の形態に係る制御装置A2では、高次補間器202の演算結果をそのまま用いていたが、CPU等の演算手段により補間演算を行った場合には、計算誤差等のノイズが生じる点を考慮して、図13の制御装置A4のように、上記高次補間器202'の補間演算を、修正器201'により修正された後の目標値、その1階

微分値、…、N階微分値を用いて修正するようにしてもよい。上記制御装置A4では、目標値生成器101'により、回転角度等の位置、その1階微分値(速度)、…、N階微分値を含む目標値列が生成される。この目標値列は、修正器201'により重み付き移動平均処理がなされて修正された後、サンプリング周期により所定のサンプリング周期で取り出され、高次補間器202'へ出力される。上記高次補間器202'では、その内部で保持している補間後の目標値の1階微分値 $p^{(1)}(k)$ から $(N-1)$ 階微分値 $p^{(N-1)}(k)$ が、上記サンプリング周期により取り出された $P^{(1)}(k)$ から $(N-1)$ 階微分値 $P^{(N-1)}(k)$ によってサンプリング時間 $T(k)$ 時に修正され、計算誤差が除去される。尚、目標値の修正と同様に、重み付き移動平均処理によって $P^{(1)}(k)$ から $(N-1)$ 階微分値 $P^{(N-1)}(k)$ の算出を行うことができる。例えば2、3次補間時の微分値導出の際の重み係数は、次式でそれぞれ与えられる。

【数10】

(10)

$$N = 2 \xrightarrow{17}$$

$$a_1^{(1)} = \frac{2}{\Delta T(k) + \Delta T(k+1)}, \quad a_2^{(1)} = \frac{-2}{\Delta T(k) + \Delta T(k+1)}$$

$$N = 3 \rightarrow$$

$$a_1^{(1)} = \frac{3 \Delta T(k)}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k) + \Delta T(k+1) + \Delta T(k+2))}$$

$$a_2^{(1)} = \frac{-3 \Delta T(k)}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k) + \Delta T(k+1) + \Delta T(k+2))}$$

$$+ \frac{3 \Delta T(k+1)}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k-1) + \Delta T(k) + \Delta T(k+1))}$$

$$a_3^{(1)} = \frac{-3 \Delta T(k+1)}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k-1) + \Delta T(k) + \Delta T(k+1))}$$

$$a_1^{(2)} = \frac{6}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k) + \Delta T(k+1) + \Delta T(k+2))}$$

$$a_2^{(2)} = \frac{-6}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k) + \Delta T(k+1) + \Delta T(k+2))}$$

$$+ \frac{-6}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k-1) + \Delta T(k) + \Delta T(k+1))}$$

$$a_3^{(2)} = \frac{6}{(\Delta T(k) + \Delta T(k+1))(\Delta T(k-1) + \Delta T(k) + \Delta T(k+1))}$$

但し、 $a_n^{(i)}$ は i 階微分値の n 番目の重み係数である。このように上記制御装置 A 4 によれば、高次補間器 202' における計算誤差等のノイズを解消することにより、より安定した制御を行うことが可能となる。また、上記実施の形態に係る制御装置 A 2 等では、目標値生成器 101 を含む上位系に修正器 201 が設けられていたが、これに限られるものではなく、図 14 の制御装置 A 5 のように、高次補間器 202' に、重み付き移動平均処理を含む上記動特性を備えるようにしてもよい。このような制御装置も本発明における制御装置の一例である。また、上記実施の形態における制御装置 A 2 では、所定のサンプリング周期 ΔT が変動する場合に、上記条件 (1) 及び (2) に対応した関数に基づいて、重み係数 a_n を定めたが、この他、

(3) ステップ応答のサンプリング時間 $(N-1)$ 回以降の出力値がステップ入力値と一致する

(4) ステップ応答のサンプリング時間 $(N-1)$ 回以降の出力値の 1 階微分値から $(N-1)$ 回微分値までが 0

という条件に対応した関数に基づいて、上記重み係数を定めるようにしてもよい。さらに、下記条件 (5) 及び

(6) に対応した関数に基づいて定めるようにしてもよい。

(5) 任意入力に対応する応答においてサンプリング時間 N 回の間一定値が入力された場合、出力値と入力値が一致する

(6) 任意入力に対応する応答においてサンプリング

18

時間 N 回の間一定値が入力された場合、出力値の 1 階微分値から $(N-1)$ 回微分値までが 0

このような重み係数を用いた制御装置も本発明における制御装置の一例である。

【0007】

【発明の効果】上記請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の制御装置によれば、位置目標値生成手段から生成される対象物の位置に対する目標値の生成に所定時間間隔だけ時間がかかる場合に、上記位置に対する目標値を例えば微分器等の速度目標値生成手段により上記対象物の速度に対する目標値に変換してから、上記速度補間手段により一次補間が行われるため、上記対象物の速度に対するフィードフォワード制御において、少なくとも上記速度に対する目標値がステップ状に変化することが防止され、制御を安定させることができる。また、上記請求項 4～13 のいずれか 1 項に記載の制御装置によれば、 N 次系対象物の位置に対する目標値について N 次以上の高次補間が行われるため、制御の際の微分操作により各目標値が矩形ステップ状に変化するのを防止して、制御をより安定させることができる。特に、重み付き移動平均処理やそれに所定の動特性を付加した平滑化処理を行うことによって、高次補間時の補間後の目標値の発振を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施の形態に係る制御装置 A 1 の概略構成を示す図。

【図 2】 補間後の位置に対する目標値を説明するため

(11)

19

の図。

【図3】 補間後の速度に対する目標値を説明するための図。

【図4】 本発明の他の実施の形態に係る制御装置A2の概略構成を示す図。

【図5】 高次補間時の目標値の発振を説明するための図。

【図6】 高次補間された位置目標値を1階微分した速度目標値の一例を示す図。

【図7】 高次補間された位置目標値を2階微分した加速度目標値の一例を示す図。

【図8】 方形波関数を示す図。

【図9】 たたみこみ積分と重み係数の関係を説明するための図。

【図10】 たたみこみ積分と重み係数の関係をより具体的に説明するための図。

【図11】 重み係数の演算を説明するための図。

【図12】 本発明の一実施例に係る制御装置A3の概略構成を示す図。

【図13】 本発明の他の実施例に係る制御装置A4の概略構成を示す図。

20

【図14】 本発明のさらに他の実施例に係る制御装置A5の概略構成を示す図。

【図15】 従来の制御装置の一例を示す図。

【図16】 フィードバック制御のみの場合の制御遅れを説明するための図。

【図17】 一次補間後の位置に対する目標値を1階微分して生成した速度に対する目標値の一例を示す図。

【図18】 位置偏差に対するばたつきを説明するための図。

【図19】 速度偏差に対するばたつきを説明するための図。

【符号の説明】

100…モータ

101, 101'…目標値生成器

102, 1021, 1022, 1023, …サンプラ

1031, 1032, 1033…一次補間器

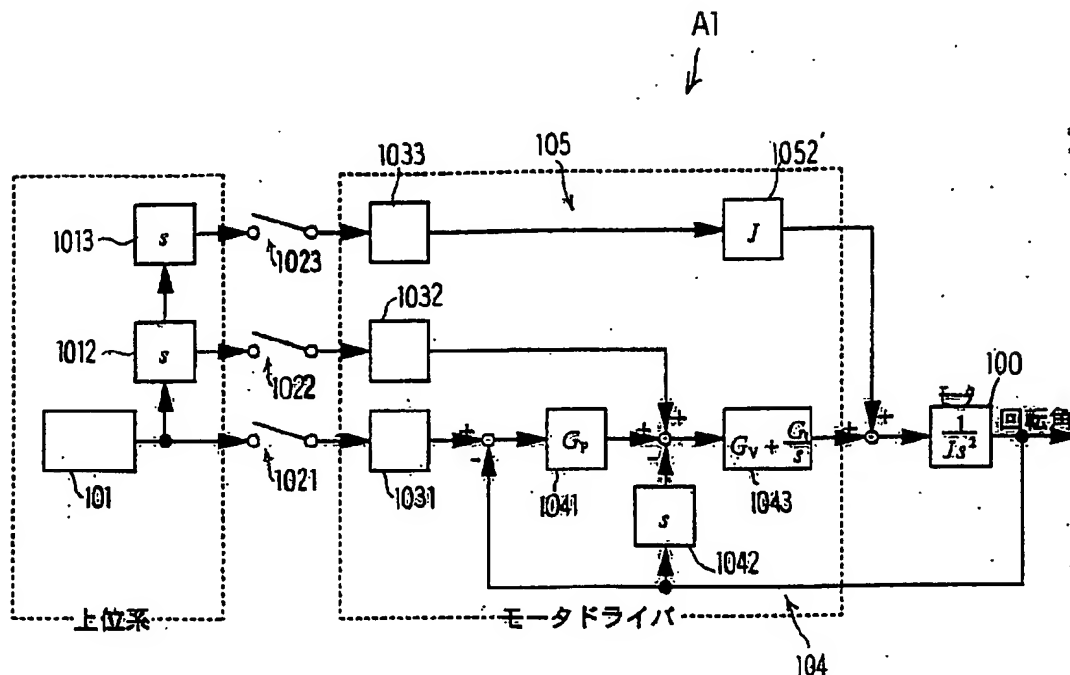
104…フィードバックループ

105…フィードフォワードループ

201, 201'…修正器

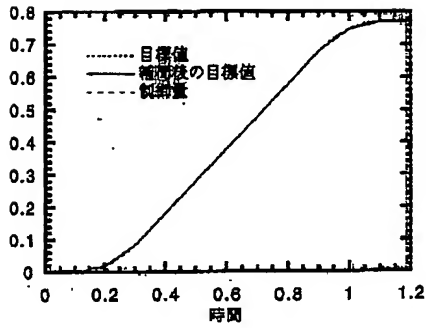
202, 202', 202''…高次補間器

【図1】

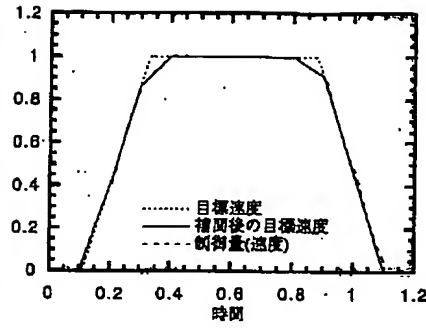


(12)

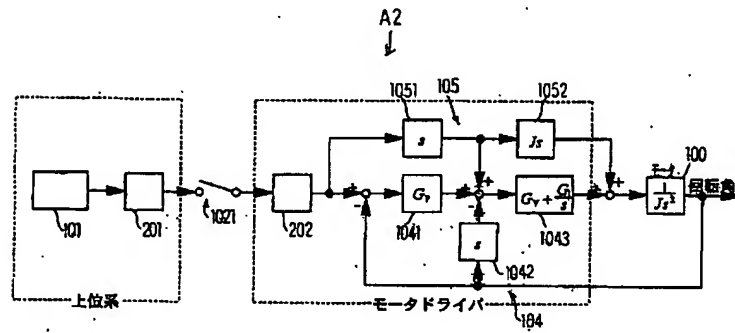
【図2】



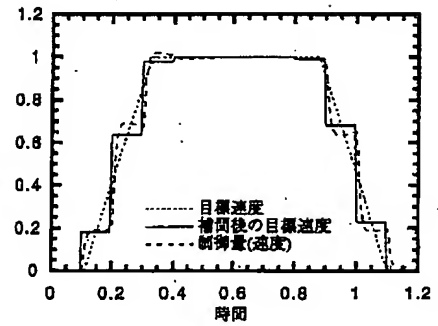
【図3】



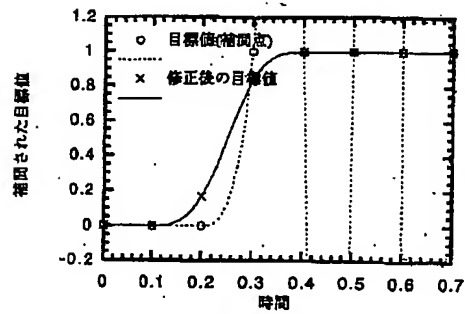
【図4】



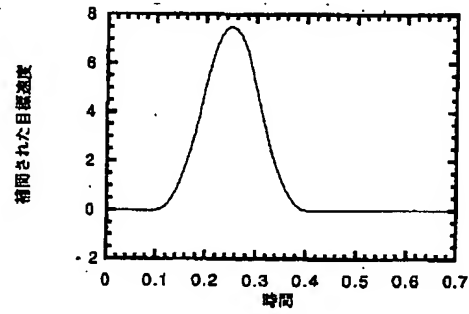
【図17】



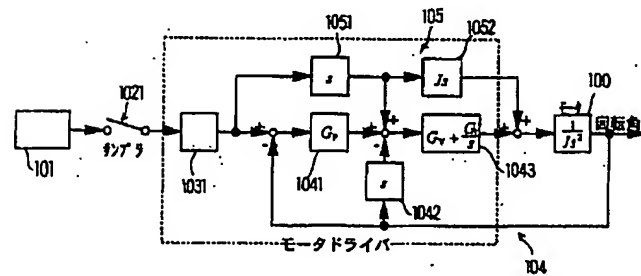
【図5】



【図6】

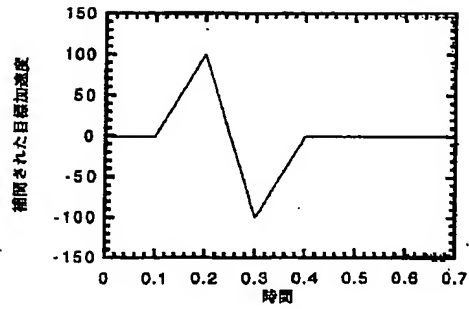


【図15】

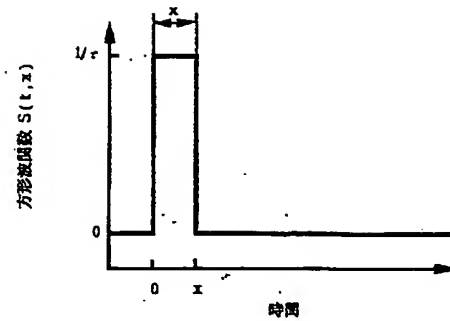


(13)

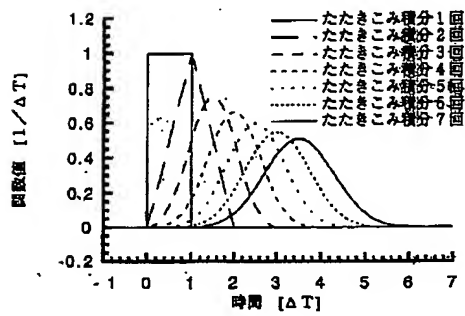
【図7】



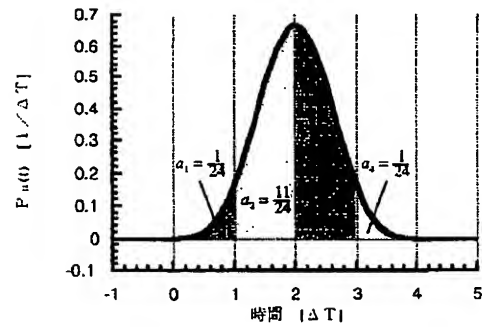
【図8】



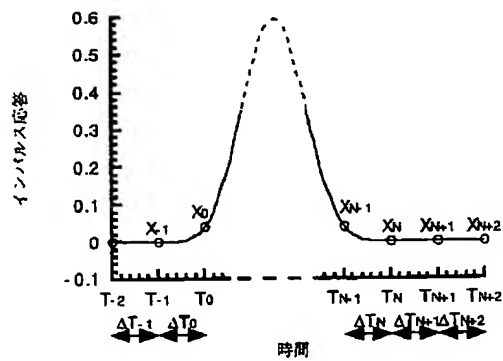
【図9】



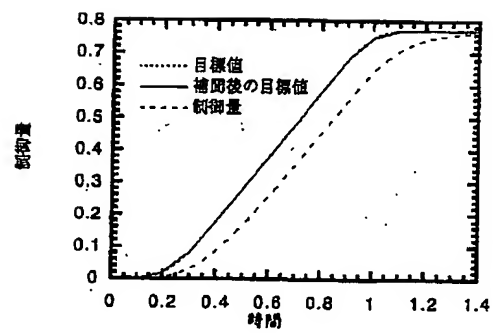
【図10】



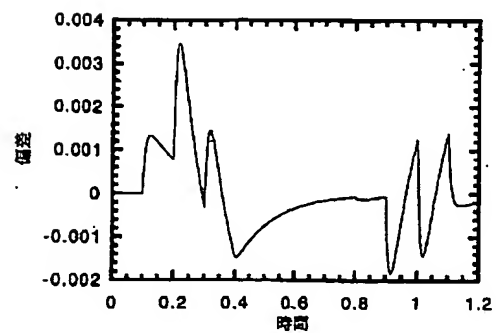
【図11】



【図16】

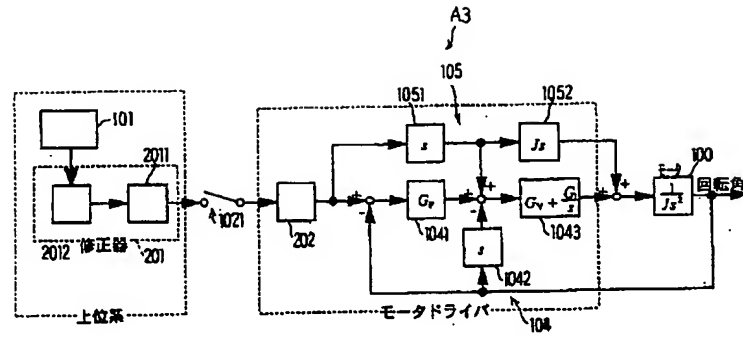


【図18】

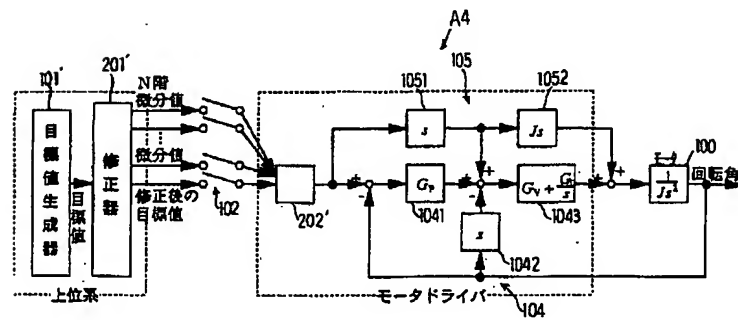


(14)

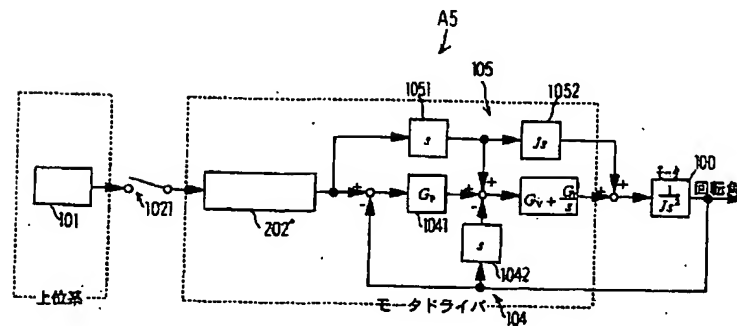
【図12】



【図13】

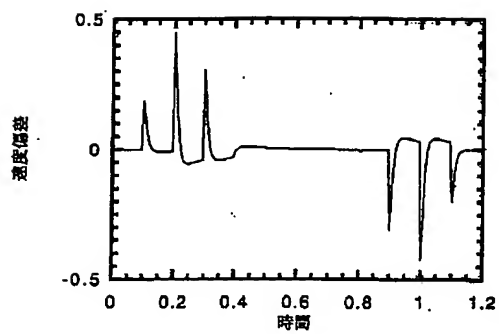


【図14】



(15)

【図19】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.